

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Informatika a logistika

Aplikace malých kamerových systémů při měření bižuterních kamenů v prostředí LabVIEW

Application of the small camera systems to the measurement of jewelry stones in LabVIEW environment

Bakalářská práce

Autor: **Ondřej Kašpar**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Horčíčka

Konzultant: Ing. Jaroslav Vlach

V Liberci 21. 5. 2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Vlachovi z firmy PRECIOSA, a.s. za poskytnutí rad a pomoc při vypracování práce. Dále panu Josefu Havlíčkovi ze stejné firmy za pomoc při programování v LabVIEW a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Jiřímu Horčíčkovi za poskytnutí veškerého softwaru potřebného pro vypracování práce a za předání cenných zkušeností.

Abstrakt

Náplní práce je seznámení se s programovacím prostředím LabVIEW a s problematikou měření bižuterních kamenů pomocí malých kamerových systémů. Práce je prakticky zaměřena na tvorbu programu pro snímání obrazu z mikroskopu a následné zpracování obrazu v LabVIEW. Dále se práce zabývá popisem programu MicroCapture a způsobu práce s ním. Nakonec je v práci uvedeno srovnání LabVIEW 8.6 a nejnovější verze LabVIEW 2009 při snímání obrazu z mikroskopu.

Klíčová slova: LabVIEW, NI Vision, USB Camera, NI-IMAQ

Abstract

The thesis provides a comprehensive information of LabVIEW programming environment and the measurement of jewelry by using small camera systems. The practical part is focused on creating practical program to capture images from the microscope and subsequent image processing in LabVIEW. In addition, the thesis also describes MicroCapture software and how to work with it. Finally, the thesis describes comparison of LabVIEW 8.6 and LabVIEW 2009 in taking an image from camera.

Keywords: LabVIEW, NI Vision, USB Camera, NI-IMAQ

Obsah

Úvod.....	9
Seznam zkratk a pojmů	10
1 Digitální mikroskop.....	11
1.1 DigiMicro 1.3.....	11
1.2 DigiMicro 2.0.....	11
1.3 Programové vybavení	12
2 Měřené bižuterní kameny.....	15
2.1 Funkce bižuterních kamenů	15
2.2 Části kamenů.....	15
3 LabVIEW	17
3.1 Úvod do prostředí	17
3.2 Uživatelské rozhraní	18
3.2.1 Čelní panel	18
3.2.2 Blokový diagram.....	19
3.3 Programové struktury	21
4 Vision Development Module	23
4.1 Paleta funkcí Vision Development Module.....	23
4.1.1 Image Management.....	24
4.1.2 Machine Vision.....	26
4.2 NI-IMAQ for USB Cameras.....	28
4.2.1 IMAQ USB	28
5 Programy v LabVIEW.....	30
5.1 Program mereni_objektu.vi	30
5.1.1 Popis programu	30
5.1.2 Lesklé kameny	31
5.1.3 Tmavé kameny.....	32
5.1.4 Problémy s osvětlením.....	34
5.1.5 Porovnání mikroskopů DigiMicro 1.3 a DigiMicro 2.0	35
5.2 Program detekce_objektu.vi	36
5.2.1 Popis programu	36
6 Měření kamenů v MicroCapture 2.0.....	38

7	LabVIEW 2009	40
7.1	Novinky	40
7.2	Program Upgrade IMAQ for USB to LabVIEW 2009	40
	Závěr.....	42
	Seznam použité literatury.....	44
	Příloha A – Front panel aplikace mereni_objektu.....	45
	Příloha B – Blokový diagram aplikace mereni_objektu	46
	Příloha C – Front panel aplikace hledani_objektu.....	47
	Příloha D – Blokový diagram aplikace hledani_objektu	48

Úvod

Hlavním tématem této bakalářské práce je aplikace malých kamerových systémů pro měření kamenů v prostředí LabVIEW. Práce je rozdělena na dvě části, přičemž v první části (teoretické) jsou popsány všechny důležité pojmy týkající se druhé části práce (praktické).

V první kapitole jsou popsány vlastnosti kamerových systémů, jejich možnosti a způsob práce s nimi. Druhá kapitola je věnována popisu bižuterních kamenů. Bude zde definováno názvosloví částí kamenů a jejich účel výroby.

Třetí a čtvrtá kapitola se bude věnovat popsání grafického vývojového prostředí LabVIEW. Bude zde zmíněn vývoj LabVIEW, popsání uživatelského prostředí a způsob práce s tímto programovacím prostředím. Dále zde budou popsány základní funkce a struktury, které budou využity v praktické části práce. Čtvrtá kapitola bude uvozena popisem Vision Development Module potřebného pro zpracování obrazu v LabVIEW. Dále zde budou popsány nejdůležitější funkce a knihovna NI-IMAQ for USB Cameras potřebná pro připojení kamery přes rozhraní USB.

Pátá kapitola je věnována popisu programů vytvořených v LabVIEW. Bude zde vysvětlena funkce programů, problémy při programování i při snímání objektů. Tato kapitola bude také obsahovat srovnání dvou verzí zapůjčených mikroskopů.

V šesté kapitole bude popsán způsob měření v programu MicroCapture 2.0. Budou zde uvedeny základní rozdíly mezi měřením v MicroCapture a LabVIEW. Poslední kapitola se bude zabývat novinkami nové verze LabVIEW.

Seznam zkratek a pojmů

px (pixel) – picture element (prvek obrazu).

LabVIEW - Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench.

AVI - Audio Video Interleave.

USB – Universal Serial Bus.

Front panel – čelní panel programu vytvořeného v LabVIEW.

Block diagram – blokový diagram programu v LabVIEW.

VI – Virtual Instrument (virtuální přístroj).

1 Digitální mikroskop

1.1 DigiMicro 1.3

Pro vypracování práce byl použit digitální mikroskop DigiMicro 1.3 od německé společnosti DNT. Obrazový senzor mikroskopu disponuje rozlišením 1,3 Mpx. To umožňuje pořídit snímek v rozlišení až 1280 x 960 px¹ v 32-bitové barevné hloubce.

Na mikroskopu je nainstalováno osvětlení tvořené 4 bílými svítivými diodami umístěnými kolem čočky objektivu. Objekty lze sledovat až s 200-násobným zvětšením. Zvětšování a zaostřování se provádí manuálně za pomoci otočného mechanismu na těle mikroskopu. S mikroskopem lze nejen vytvářet snímky objektu, ale také natáčet video v režimu 30 snímků za vteřinu ve formátu AVI². K počítači je mikroskop připojen pomocí USB rozhraní, ze kterého je také napájen³.

1.2 DigiMicro 2.0

Na týden mi byl zapůjčen na prozkoušení také novější mikroskop od firmy DNT, DigiMicro 2.0 Scale. Vzhledem ani základními vlastnostmi se nijak zásadně neliší od DigiMicro 1.3. Budu se tedy věnovat pouze rozdílům mezi těmito dvěma mikroskopy. DigiMicro 2.0 disponuje snímačem s rozlišením 2Mpx. Osvětlení je tvořeno 8 bílými svítivými diodami s možností manuálního nastavení intenzity světla na těle mikroskopu. Na zaostřovacím otočném mechanismu přibyla stupnice, která udává aktuální zvětšení mikroskopu.

¹ Pixel je nejmenší jednotka bitmapové grafiky. Představuje jeden bod obrazu.

² AVI je multimediální kontejner, uvedený firmou Microsoft v listopadu roku 1992 jako součást multimediální technologie Video for Windows.

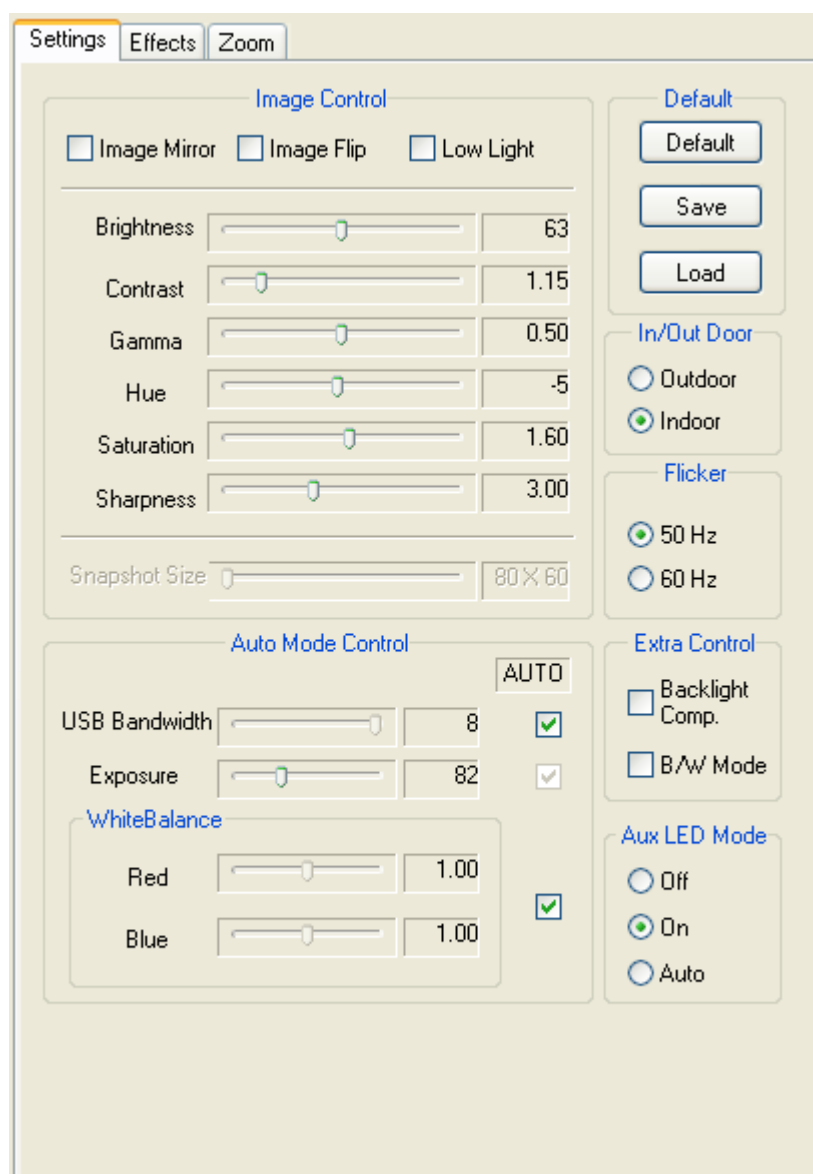
³ USB je univerzální sériová datová sběrnice typu Plug and play („připoj a hraj“).



obr. 1.1 – mikroskop DigiMicro

1.3 Programové vybavení

Na přiloženém CD se nachází kromě ovladačů k mikroskopu také program MicroCapture, kterým lze mikroskop ovládat. Dají se pořizovat jednotlivé snímky nebo také točit video. Další a asi nejdůležitější funkcí programu je možnost nastavení parametrů mikroskopu.



obr. 1.2 – nastavení mikroskopu

Image Control – v tomto panelu lze obrázek různě převracet a měnit jeho jas, kontrast a některé další vlastnosti.

Extra Control – tento panel umožňuje programově nastavit iluzi zadního světla, ačkoli mikroskop disponuje pouze předním světlem. Další možností tohoto panelu je nastavení černobílého módu. I při tomto módu ale kamera pořizuje snímky ve 32-bitové hladině.

Aux LED Mode – nastavuje osvětlení.

Na stránkách společnosti DNT je ke stažení i nová verze MicroCapture 2.0, která disponuje základními prvky pro měření snímaných objektů. V obrázku tak lze manuálně změřit úhly, délky hran objektu či poloměry kruhových objektů. Objekty lze měřit v metrických jednotkách, palcích a nebo v pixelech (px).



obr. 1.3 – panel nástrojů pro měření

2 Měření bižuterní kameny

2.1 Funkce bižuterních kamenů

Bižuterní kameny představují obvykle skleněné geometrické prostorové útvary, které jsou ohraničené několika vybroušenými plochami. Jejich funkce je především opticko-estetická. Na kamenech lze identifikovat dva druhy ploch: Plochy opticky funkční (aktivně se podílejí na optickém efektu výrobku) a plochy opticky nefunkční (na optickém efektu se nijak významně nepodílejí).

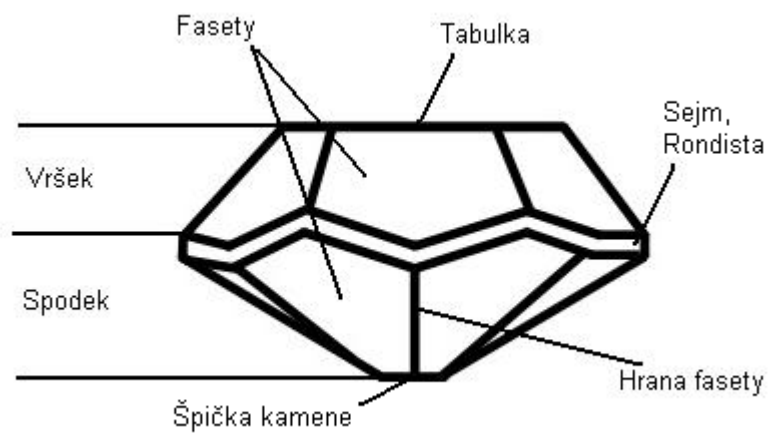
2.2 Části kamenů

Bižuterní kámen lze rozdělit obvykle na dvě části (obr. 2.1). Vršek je část kamene, která je při běžném použití kamenů pozorována, a spodek je část, která je obvykle před přímým pozorováním skrytá. Plochy tvořící vršek a spodek kamene jsou většinou opticky funkční.

V místě průniku vršku a spodku kamene se v některých případech zhotovuje obvykle broušením plocha, která se nazývá sejm. Jedná se o opticky nefunkční plochu a důvodem jejího zhotovení je odstranění defektů na průniku vršku a spodku a zlepšení mechanické odolnosti při manipulaci s kamenem, protože toto místo je velmi náchylné na odrcení. U kamenů s tvarovaným spodkem se křivka, která vzniká průnikem ploch vršku a spodku a která tvoří největší obvod kamene, nazývá rondista. Pojem rondista se používá i v případech, kdy se plochy vršku a spodku neprotínají v ostré křivce, ale je zde sejm.

Rovinné, opticky funkční plochy ohraničující kámen, se nazývají fasety. Rovinná, opticky funkční plocha na vršku kamenů, rovnoběžná s rovinou sejmu, se nazývá tabulka. Významnou částí fasetových kamenů je hrana. Jedná se o úsečky nebo křivky, v nichž se stýkají fasety a tabulky. Hrana fasety je úsečka styku dvou faset, které nejsou od sebe odděleny sejmem nebo rondistou. Hrana tabulky je úsečka styku

fasety a tabulky. Bod, ve kterém se sbíhají tři nebo více faset a který je funkčním ukončením kamene se nazývá špička kamene.



obr. 2.1 – části kamene

3 LabVIEW

3.1 Úvod do prostředí

Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench neboli LabVIEW je grafické programovací prostředí, které využívají miliony inženýrů a vědců po celém světě pro vytvoření velice sofistikovaného měření, testování a řízení systémů s využitím intuitivních grafických ikon a spojovacích drátů, které se podobají vývojovému diagramu. LabVIEW nabízí integraci s širokou řadou technických zařízení a obsahuje velké množství knihoven a programových aplikací pro pokročilé analýzy a vizualizace dat. LabVIEW je škálovatelná platforma pro více cílů a operačních systémů, od svého zavedení v roce 1986 se stala jednou z nejprodávanějších platforem.

Původně bylo LabVIEW vydáno pro počítače Apple Macintosh. Dnes je běžně používaným prostředkem pro sběr dat, ovládání přístrojů a průmyslové automatizace na různých platformách, včetně Microsoft Windows, různých variant systému UNIX, Linux a Mac OS X. Nejnovější verzí je verze LabVIEW 2009, vydaná v srpnu 2009.

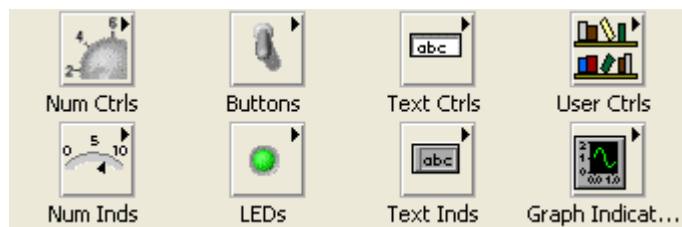
V práci je použito LabVIEW 8.6 doplněné o Vision Development Module pro počítačové zpracování obrazu. Kromě Vision Development Module bylo ještě třeba doinstalovat knihovnu NI-IMAQ for USB Cameras pro práci s kamerami připojenými přes USB.

3.2 Uživatelské rozhraní

Každý program vytvořený v LabVIEW se nazývá virtuální přístroj – VI (virtual instrument). Každý projekt LabVIEW se skládá ze dvou sdružených oken: čelního panelu (Front Panel) a blokového diagramu (Block Diagram).

3.2.1 Čelní panel

Čelní panel virtuálního přístroje je uživatelské rozhraní dané aplikace. Díky prvkům čelního panelu se dá řídit a korigovat běh aplikace. Na čelní panel se tyto prvky vkládají po vyvolání menu pravým tlačítkem myši.



obr. 3.1 – čelní panel

Na základní paletě čelního panelu se nacházejí dva typy prvků. Jsou to prvky ovládací (Controls) a indikační (Indicators). Ovládací simulují vstupní zařízení (vrchní řádek na obr. 3.1) a indikační prvky simulují výstupní zařízení (spodní řádek na obr. 3.1).

Num Ctrls – prvky pro zadávání číselných hodnot vstupního signálu. Do této skupiny patří vertikální a horizontální posuvníky, otočné knoflíky a nebo lze zadat hodnotu ručně.

Num Inds – prvky pro zobrazení číselných hodnot. Mohou být také různého typu.

Buttons – tlačítka. Obsahuje různé druhy dvouhodnotových (boolean) ovladačů.

LEDs – světelné indikátory boolean. Kruhové nebo obdélníkové.

Text Ctrls – textové prvky. Pro zadávání řetězců, skupin řetězců nebo cesty k souborům.

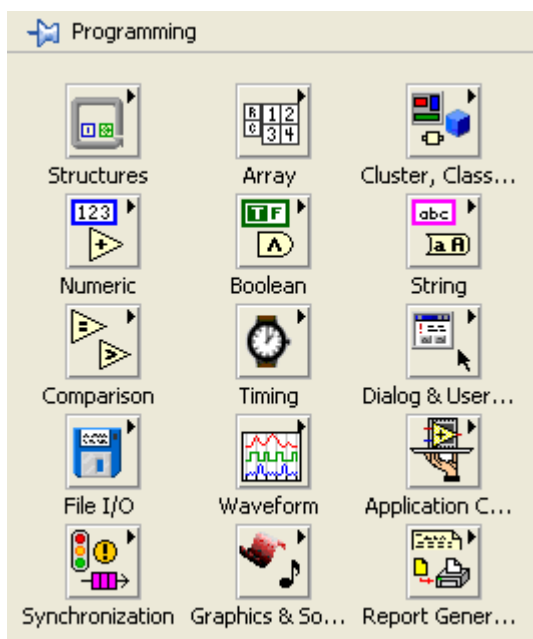
Text Inds – textové ukazatele. Pro zobrazení řetězců.

User Ctrls – slouží pro bloky vytvořené přímo uživatelem.

Graph Indicators – zobrazují grafy. Různé druhy.

3.2.2 Blokový diagram

Blokový diagram představuje druhou část vývojového prostředí. Z čelního panelu lze do blokového diagramu přecházet stiskem (CTRL + E). Uživatel zde fyzicky programuje spojováním bloků funkcí. Na obr. 3.2 je zobrazena paleta funkcí Programming blokového diagramu.



obr. 3.2 – blokový diagram

Structures – obsahuje různé druhy struktur. Např. While Loop, For Loop, Case Structure.

Array – funkce pro práci s poli.

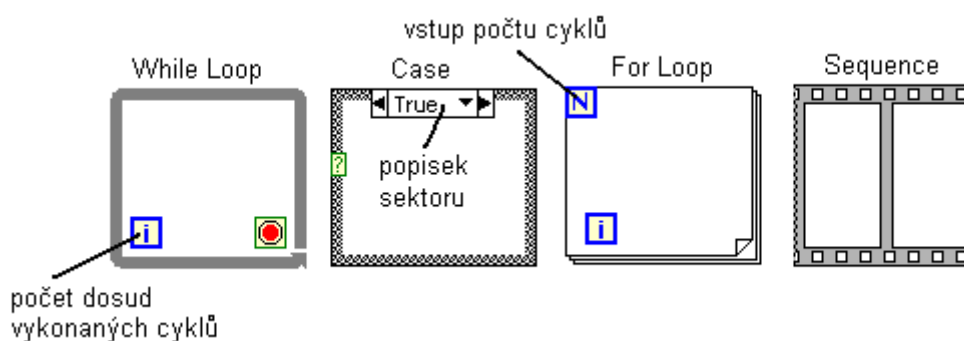
Numeric – základní i složitější numerické funkce

Boolean – logické funkce typu AND, OR, NOT...

File I/O – funkce pro práci se soubory. Vytvoření nového, otevření, zavření souboru.
Čtení ze souboru, zápis do souboru a jiné.

3.3 Programové struktury

Programové struktury LabVIEW jsou určeny pro řízení aplikace. Lze pomocí nich velmi efektivně řešit standardní situace, které v programu nastanou. Grafické programové struktury jsou srovnatelné s příkazy pro větvení nebo cykly v textových programovacích jazycích. Struktury najdeme v podpaletě Structures palety Programming. Na obr. 3.3 jsou zobrazeny základní programovatelné prvky LabVIEW.



obr. 3.3 – struktury LabVIEW

While Loop

Cyklus, jehož počet opakování je dán nějakou podmínkou, která se testuje v každém průchodu smyčkou. Podmínka je typu boolean a cyklus probíhá dokud je podmínka nastavena na logickou jedničku (True). Smyčka zobrazuje aktuální počet vykonaných cyklů.

Struktura Case

Používá se v případě potřeby větvení programu pomocí podmínek. Může mít jenom dvě podmínky a být tak typu boolean a nebo může být typu integer. Každá podmínka se programuje v samostatném listu. Podle výběru podmínky se pak v programu provede právě jeden list struktury.

For Loop

Realizuje se smyčka s pevným počtem opakování daným hodnotou N. Rozsah možných hodnot proměnné N je 0 až $2^{31} - 1$. Bude-li se N rovnat 0, cyklus For se neprovede ani jednou. Smyčka zobrazuje aktuální počet provedených cyklů.

Struktura Sequence

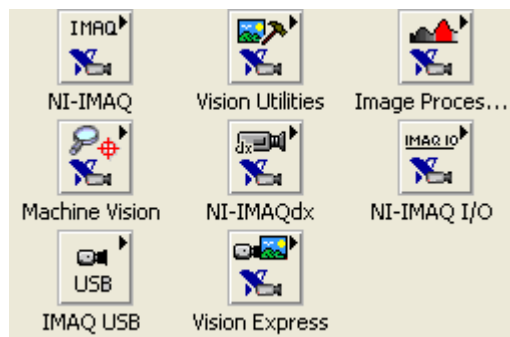
Tato struktura se nenachází v žádném textovém programovacím jazyku. Umožňuje postupné vykonávání částí programu. Existují dva typy struktury Sequence: Flat Sequence, která se skládá z jednotlivých listů s postupem vykonávání zleva doprava (tato struktura se hodí pro menší počet listů) a Stacked Sequence, v níž je zobrazen pouze jeden list podle výběru a vykonávány jsou postupně od 0 do N.

4 Vision Development Module

Vision Development Module je kolekce funkcí pro zpracování obrazu a strojového vidění navrhnutá pro mnoho programovacích jazyků, jako je NI LabVIEW, Microsoft C++, Visual Basic a .NET. Pomocí těchto funkcí můžeme vylepšit obraz, získat vlastnosti obrazu, identifikovat objekty a měřit objekty v obraze. Vision Development Module také obsahuje NI Vision Assistant. NI Vision Assistant je jednoduchá interaktivní aplikace pro zpracování obrazu. Pro nastavení ovladačů, zobrazování a ukládání obrázků slouží NI Vision Acquisition Software. Pro práci s USB kamerou bylo třeba doinstalovat NI-IMAQ for USB Cameras.

4.1 Paleta funkcí Vision Development Module

Funkce Vision Development Module najdeme v paletě funkcí pod složkou Vision and Motion.



obr. 4.1 – funkce Vision Development Module

NI-IMAQ – funkce pro připojení kamery, snímání a zaznamenávání obrazu. Kamera musí být připojena standardními konektory.

IMAQ USB – funkce stejné jako NI-IMAQ s rozdílem, že kamera je připojená přes USB konektor. Tyto funkce jsou dostupné pouze po instalaci knihovny IMAQ for USB Cameras.

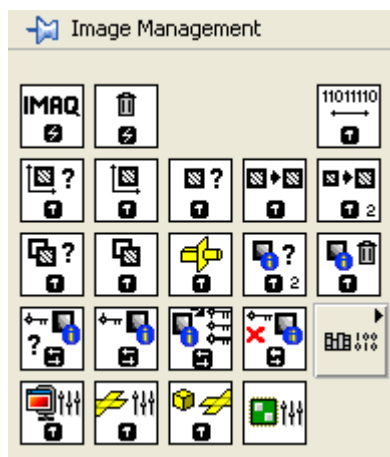
Vision Utilities – funkce pro tvorbu a manipulování s obrázky

Image Processing – obsahuje jednoduché funkce pro práci s obrazem

Machine Vision – obsahuje velmi sofistikované funkce pro analýzu obrazu

4.1.1 Image Management

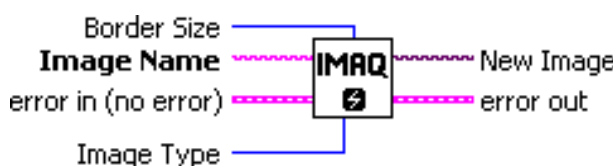
Image Management je nejdůležitější panel pro práci s obrazem. Slouží k vytvoření nového obrazu, ke smazání obrazu nebo k transformaci bitové hloubky. Najdeme ho v panelu Vision Utilities.



obr. 4.2 – paleta funkcí Image Mangement

IMAQ Create

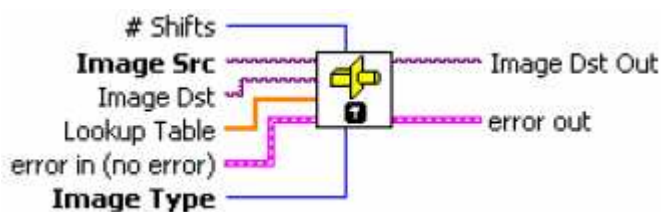
Slouží pro vytvoření nového obrázku. Každý obrázek musí mít unikátní jméno (Image Name). V Image Type se dá vybrat bitová hloubka⁴ a barevnost obrazu. Například Grayscale (U8) pro 8-bitové černobílé obrazy nebo RGB (U32) pro RGB barevné obrazy. Při vytváření obrazu lze také nastavit Border Size. Jedná se o nastavení šířky ohraničení obrázku (v pixelech).



obr. 4.3 – funkce IMAQ Create

IMAQ Cast Image

Slouží ke změně Image Type daného obrázku. Pro některé funkce Vision Development Modulu je nutná 8-bitová barevná hloubka, proto je tato funkce nezbytná ve většině programů. Na vstup Image Src přivedeme obrázek ke transformaci a pomocí Image Type nastavíme novou bitovou hloubku. Jelikož můj mikroskop umí obrázky pouze ve 32-bitové barevné hloubce, je pro tuto práci funkce IMAQ Cast Image velice důležitá.

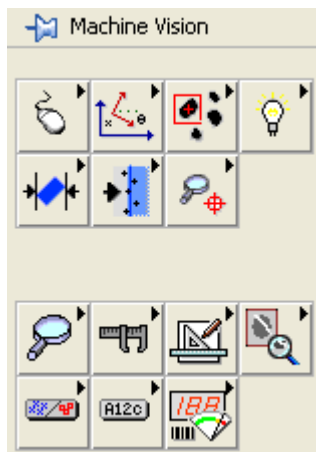


obr. 4.4 – funkce IMAQ Cast Image

⁴ Bitová hloubka určuje, jaké množství barevných informací je dostupné pro každý obrazový bod v obrazu.

4.1.2 Machine Vision

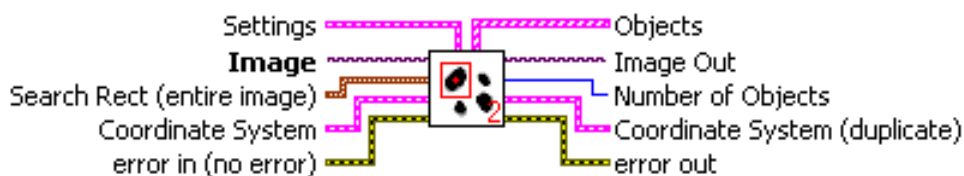
Machine Vision je další podpanel Vision and Motion. Obsahuje mnoho funkcí pro úpravu obrazu. Můžeme identifikovat objekt, změřit jeho rozměry, měnit velikost objektu.



obr. 4.5 – paleta funkcí Machine Vision

IMAQ Count Objects

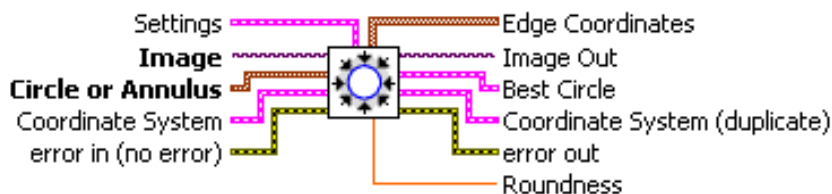
Tato funkce lokalizuje a počítá objekty ve čtvercové oblasti vyhledávání. Tato funkce využívá prahu intenzity pixelu k rozpoznání objektů od jejich pozadí. Ve vlastnostech se dají nastavit filtry, které umožňují ignorovat objekty menší nebo větší než zadaná velikost. Další možností je ignorovat objekty dotýkající se hranice vyhledávaného prostoru.



obr. 4.6 – funkce IMAQ Count Objects

IMAQ Find Circular Edge

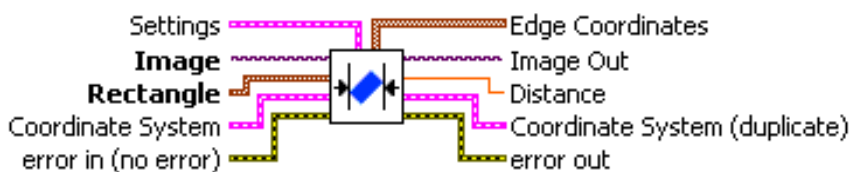
Tato funkce se nachází na paletě Machine Vision v sekci Locate Edges. IMAQ Find Circural Edge najde kruhové hrany v hledaném prostoru. Kruhové hrany se funkce snaží hledat pomocí kontrastu daného objektu a pozadí. Funkce vrací souřadnice středu kruhu, jeho poloměr a také zaoblení daného objektu.



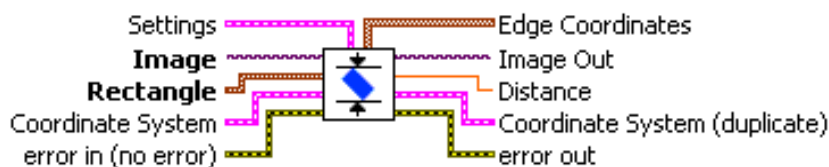
obr. 4.7 – IMAQ Find Circural Edge

IMAQ Clamp Horizontal (Vertical) Max

Tyto dvě funkce slouží k měření rozměrů objektu v horizontálním nebo vertikálním směru. Hrany předmětu jsou nalezeny pomocí sady paralelních čar na základě jejich kontrastu. Pokud funkce najde hrany, vrací výslednou vzdálenost mezi nimi.



obr. 4.8 – IMAQ Clamp Horizontal Max



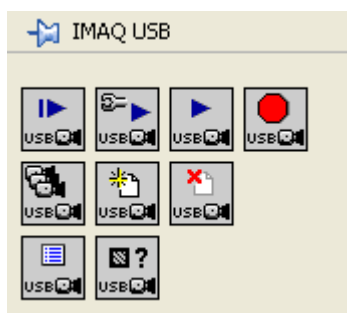
obr. 4.9 – IMAQ Clamp Vertical Max

4.2 NI-IMAQ for USB Cameras

NI-IMAQ for USB Cameras nabízí možnost použití USB kamer pro NI Vision Assistant, LabVIEW a IMAQ Vision. Obrázky mohou být pořízeny v různých rozlišeních v závislosti na schopnosti fotoaparátu nebo kamery. V LabVIEW 2009 již tato knihovna není potřeba a USB kamery lze ovládat přímo přes panely Vision Development Modulu.

4.2.1 IMAQ USB

IMAQ USB je panel funkcí knihovny NI-IMAQ for USB Cameras, který slouží k obsluze kamer připojených přes USB.



obr. 4.10 – paleta funkcí IMAQ USB

IMAQ USB Enumerate Cameras a IMAQ USB Init

Funkce IMAQ USB Enumerate Cameras slouží k vytvoření seznamu kamer připojovaných přes USB. V programu se používá pouze v přímém spojení s IMAQ USB Init. Ten pracuje se seznamem kamer, ze kterého se vybere právě jedna aktivní. Vytváří tak novou IMAQ USB Session za pomoci jména kamery z IMAQ USB Enumerate Cameras. Video Mode u funkce IMAQ USB Init dovoluje nastavit parametry snímání kamerou.



obr. 4.11 – funkce IMAQ USB Enumerate Cameras



obr. 4.12 – funkce IMAQ USB Init

IMAQ USB Snap

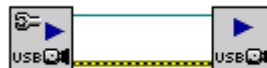
Najdeme jej v paletě funkcí IMAQ USB. Slouží k zaznamenání pouze jednoho snímku do vyrovnávací paměti. Při vyvolání Snap se inicializuje zařízení a udělá se snímek. Používá se pro pomalejší aplikace nebo tam, kde je potřeba jenom jeden snímek.



obr. 4.13 – funkce IMAQ USB Snap

IMAQ USB Grab

Grab najdeme v paletě funkcí IMAQ USB. Slouží pro vysokorychlostní zaznamenávání dat do vyrovnávací paměti. Tato funkce dovoluje opakované volání ve smyčce. Při každém průchodu smyčkou lze také obrázek uložit. Pro fungování IMAQ USB Grab se musí použít i IMAQ USB Grab Setup. IMAQ USB Grab Setup slouží k inicializaci a zahájení snímání obrazu.



obr. 4.14 – IMAQ USB Grab Setup a IMAQ USB Grab

5 Programy v LabVIEW

5.1 Program mereni_objektu.vi

Tento program slouží k záznamu snímku z mikroskopu a následnému zpracování snímku pomocí funkcí Vision Development Module a uložení obrázku do souboru.

5.1.1 Popis programu

Na začátku je potřeba rozeznat připojené zařízení pomocí funkcí IMAQ USB Enumerate Cameras a IMAQ USB Init [A]. Pro vytvoření nového snímku bylo potřeba umístit do programu funkci IMAQ Create, ve které je možné zadat název později ukládaného obrázku.

Následuje smyčka While, ve které je několikrát volána funkce IMAQ USB Grab. V této smyčce si uživatel manuálně nastaví mikroskop, aby byl snímáný objekt co nejostřejší a nejzřetelnější. Pro zahájení snímání mikroskopu je nutné ještě před smyčkou umístit funkci IMAQ USB Grab Setup, která zahájí snímání obrazu. Jelikož mikroskop umí snímky jen ve 32-bitové barevné hloubce a většina funkcí Vision Development Module umožňuje práci jenom s obrázky ve 8-bitové hloubce, je obraz okamžitě převeden pomocí IMAQ Cast Image na 8-bitový a zobrazen pomocí Image Display [B]. Pro udělení finálního snímku slouží tlačítko „Udelej snimek“ ve Front panelu programu. Tím se ukončí smyčka While a následně se odpojí mikroskop pomocí funkce IMAQ USB Close.

Obraz je následně zpracován funkcí IMAQ Find Circural Edge, která najde kruhové hrany měřeného objektu. V nastavení funkce se dá nastavit přibližný střed hledaného objektu (Center X a Center Y), dále pak poloměr kružnice, ve které se hledá přesný střed objektu (Inner Radius) a nakonec maximální poloměr hledaného objektu [A]. Pokud funkce najde nějakou vyhovující hranu, zapíše do kontrolky „Best Circle“ souřadnice středu kružnice a její poloměr.

Další dvě funkce slouží k měření rozměrů daného objektu. IMAQ Clamp Horizontal Max měří šířku objektu a IMAQ Clamp Vertical Max slouží pro měření výšky objektu. V nastavení funkcí lze omezit prohledávaná plocha obrázku. Děje se tak pomocí indikátoru „Měření“ ve Front panelu programu. Výstupem funkcí jsou parametry šířka respektive výška, které udávají rozměry daného objektu v pixelech.

Poslední část programu realizuje uložení obrázku na disk. Toto realizuje funkce IMAQ Write File, do které je přiveden obrázek a File Dialog Expres, který vyvolá okno pro nastavení místa uložení a názvu obrázku. Ve File Dialogu je přednastaveno ukládání do nového nebo existujícího souboru a přípona obrázku je přednastavena na *.jpg. Kontrolka „Selected Path“ zobrazí ve Front panelu vybranou cestu uložení obrázku.

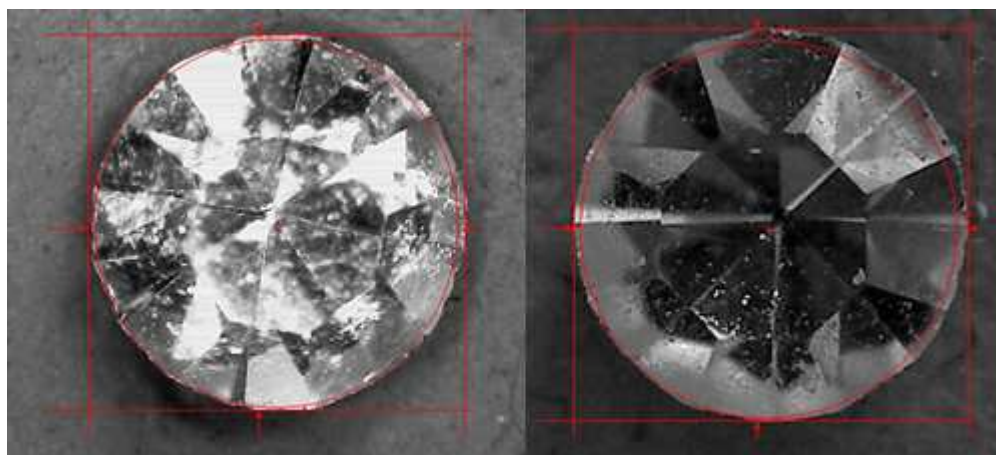
V LabVIEW se program nezpracovává postupně jako v strukturovaných programovacích jazycích. V LabVIEW se zpracovávají funkce, do kterých přijdou všechny zpracované vstupy. LabVIEW tak využívá programování na principu datového toku. File Dialog Expres žádné vstupy nemá a je tak zpracováván již při startu programu. To není vhodné vzhledem k tomu, že je nejprve za potřebí nastavit mikroskop, pak teprve udělat snímek a nakonec uložit. Pro řešení takovýchto problémů je v LabVIEW struktura Sekvence (viz kapitola 3.3), v které se příslušné okno struktury vykoná až po příchodu veškerých vstupů do tohoto okna struktury. Funkce File Dialog Expres je tak volána až po zpracování obrazu ostatními funkcemi.

5.1.2 Lesklé kameny

Pro světlé kameny s lesklými fasetami byl problém nastavit program tak, aby byly změřeny co nejpřesnější hodnoty. Hlavním problémem bylo přední světlo, kterým disponuje mikroskop (viz kapitola 5.1.4). Kámen totiž s tímto osvětlením vrhá různé stíny nebo naopak odlesky, se kterými se musí při zpracování obrazu počítat.

Při hledání kruhové hrany bylo potřeba co nejpřesněji nastavit hledaný střed obrysu kruhového tvaru, jinak zde byla velká pravděpodobnost, že program nenalezne žádnou kruhovou hranu. Na obr. 5.1 je kruhová hrana znázorněna červeně. V tomto případě byla hrana určena poměrně přesně.

Při měření rozměrů bylo také za potřebí zmenšit plochu hledání hran na co nejmenší. Červená šipka (obr. 5.1) udává vzdálenost detekované hrany od zadaných údajů. V levé části obrázku je snímek s použitím světla mikroskopu, vpravo je bez osvětlení. Obr. 5.2 udává změřené údaje daného kamenu.



obr. 5.1 – měření světlého kamenu



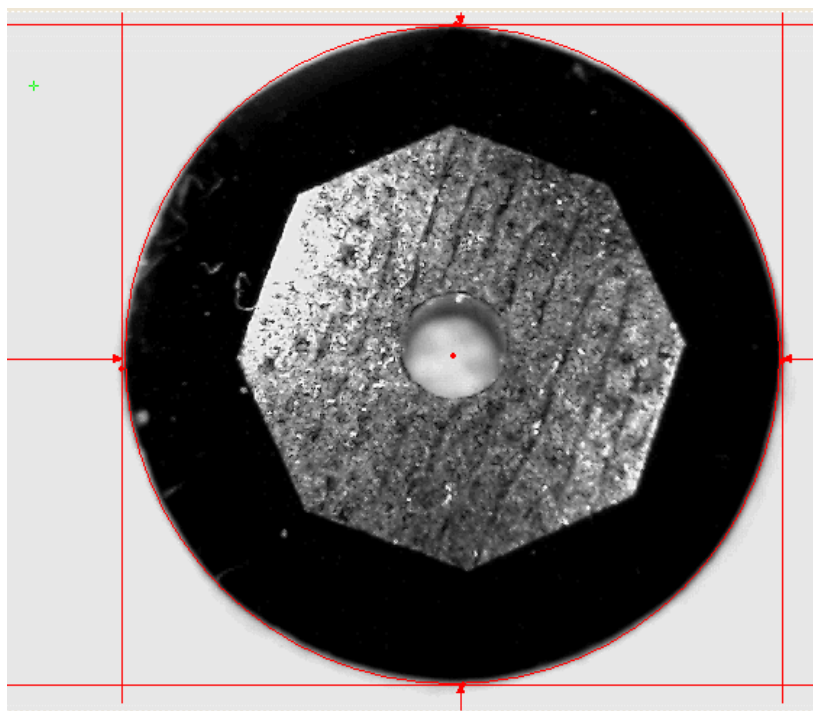
obr. 5.2 – změřené údaje světlého kamenu

5.1.3 Tmavé kameny

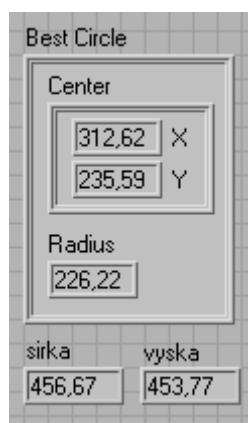
Tmavé kameny nepředstavují pro mikroskop žádný problém. Černá barva kamene nasvícená mikroskopem s předním světlem plně pohltí pozadí a vytvoří ostrý kontrast mezi pozadím a kamenem.

Pro měření rozměrů kamene nebylo potřeba zadávat nějaké bližší souřadnice. Plochu hledání jsem tedy nastavil podle velikosti snímaného obrázku (640 x 480 px). Při detekci kruhové hrany také nebylo potřeba nastavit nějak přesně hledaný střed.

Ovšem čím nepřesněji je střed zadán, tím větší musí být nastaven „Inner Radius“. Kruhovitá hrana i grafické znázornění velikosti objektu je znázorněno červeně (obr. 5.3). Z obrázku je vidět, že naměřené hodnoty jsou přesnější, než u světlého kamene.



obr. 5.3 – měření tmavého kamenu



obr. 5.4 – změřené údaje tmavého kamenu

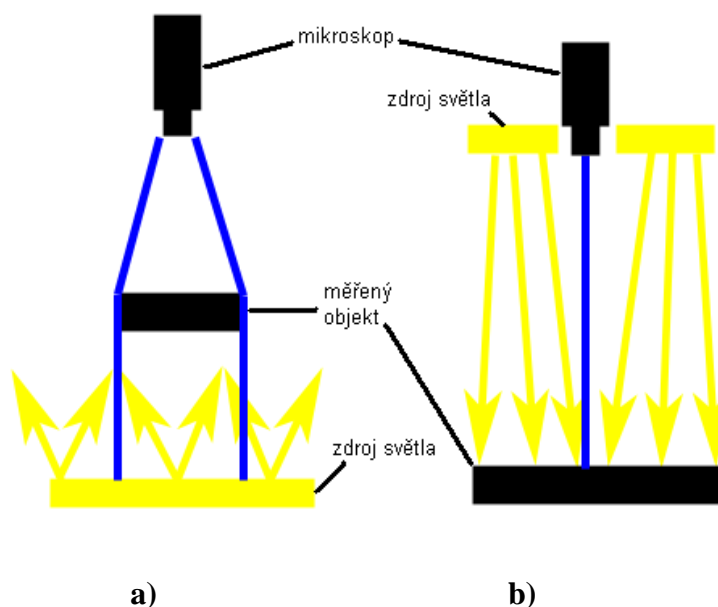
5.1.4 Problémy s osvětlením

Mikroskop zapůjčený pro tuto práci (DigiMicro 1.3) disponuje pouze předním světlem tvořeným čtyřmi bílými svítivými diodami LED. Tento způsob osvětlení ovšem není příliš vhodný pro přesné měření bižuterních kamenů. Důvodů je hned několik. Při předním světle dochází k odrazu světla od faset nakloněných v různém úhlu od sejmu kamene. Spodek kamene zase vrhá stíny na podložku. Je pak těžké rozpoznat přesnou polohu kamene (obr. 5.1).

Tento mikroskop má jenom dvě možnosti nastavení světla. Světlo je buď zapnuté nebo vypnuté. V LabVIEW ovšem nelze světlo ovládat. Světlo se musí nastavit v programu MicroCapture dodávaným s mikroskopem. Nevýhodou je, že pro práci s tímto mikroskopem v LabVIEW musíte mít nainstalován program MicroCapture.

Při vypnutém světle je snímáný objekt velice tmavý. Pro měření při vypnutém světle jsem proto použil cizí zdroj bočního tlumeného světla. K tomuto účelu posloužila stolní lampička. Toto řešení ale také není ideální. Čočka mikroskopu musí být pro dobré zaostření co nejblíže měřenému objektu a boční světlo nemělo téměř kudy pronikat (obr. 5.1). Přesto při této metodě již byly na kameni patrné fasety vršku kamene.

Pro měření délky hran a úhlů hran faset by bylo nejlepší použít tzv. zadní světlo, tzn. umístit zdroj světla do optické osy tvořené kamerou a měřeným objektem za tento objekt. Mikroskop by tak snímal pouze stín kamene. Obrisy kamene by byly ostré, vhodné pro měření bižuterních kamenů. Zadní světlo bohužel nebylo pro tuto práci k dispozici.



obr. 5.5 – osvětlení

a) zadní světlo, b) přední světlo

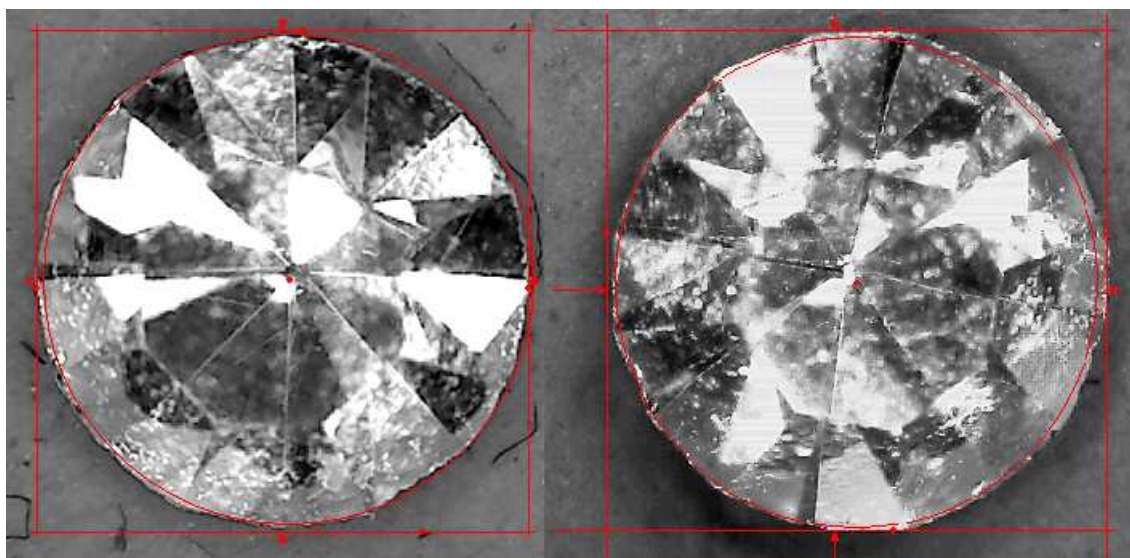
5.1.5 Porovnání mikroskopů DigiMicro 1.3 a DigiMicro 2.0

Na týden mi byl na prozkoušení a srovnání zapůjčen novější mikroskop DigiMicro 2.0. Vzhledem se tento mikroskop nijak zásadně neliší od starší verze. Novější mikroskop disponuje lepším snímacím prvkem s rozlišením 2 Mpx a osvětlení tvoří 8 diod (místo původních 4).

Velikou výhodou tohoto mikroskopu je možnost ovládání intenzity osvětlení přímo na těle zařízení. Není tak nutné světlo vypínat a zapínat v programu MicroCapture. V LabVIEW lze tedy DigiMicro 2.0 plně ovládat bez nutnosti instalace MicroCapture. Přesto, že je osvětlení možné ovládat ručně, k vylepšení kvality snímků to bohužel pro naše účely nevede. Intenzitu světla lze sice pozvolna přidávat otáčením ovládacího prvku (kolečka), ale přechod mezi tím, kdy světlo nesvítí a kdy světlo začíná svítit, je tak razantní, že kameny odrážejí světlo podobně jako u mikroskopu DigiMicro 1.3.

Poslední odlišností od starší verze je stupnice, která udává aktuální zvětšení mikroskopu. Pro ostrý obraz kamene se zvětšení pohybuje mezi 20x – 30x, což zdaleka

nevyužívá plný potenciál mikroskopu, který dokáže zvětšit objekt až 200x. Díky tomuto faktu jsem plně nevyužil ani rozlišení 2 Mpx, které nabízí snímací prvek. Na obr. 5.6 je vidět srovnání obrázků stejného kamene pořízených oběma mikroskopy. Vlevo je obrázek pořízený mikroskopem DigiMicro 2.0, vpravo mikroskopem DigiMicro 1.3. Je zde patrné lepší rozlišení snímání scény.



**obr. 5.6 – srovnání obrázků snímáných mikroskopy
(vlevo DigiMicro 2.0, vpravo DigiMicro 1.3)**

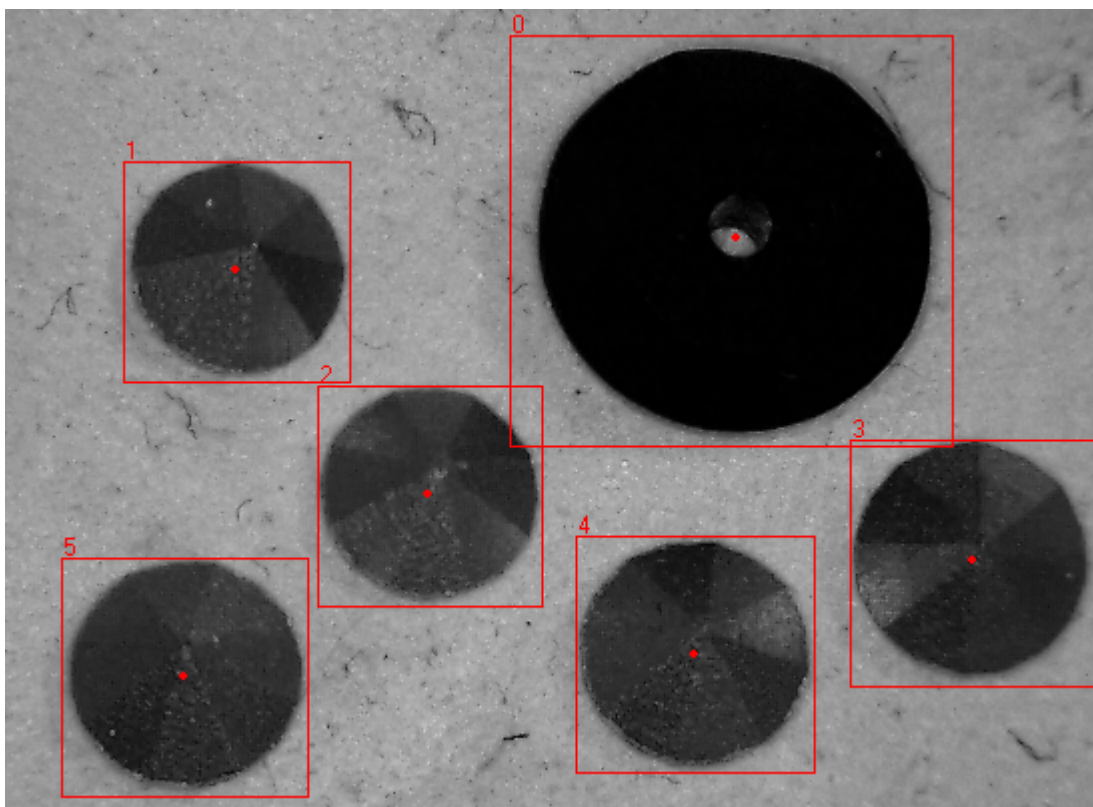
5.2 Program detekce_objektu.vi

Tento program slouží k rozpoznání a počítání objektů na snímku. Od předchozího programu se liší zpracováním obrázku. Práce s mikroskopem, záznam obrázku i ukládání na disk zůstává stejné [D].

5.2.1 Popis programu

K rozpoznání objektů na snímku slouží funkce IMAQ Count Objects. Ve funkci se nastaví práh intenzity pixelu, podle kterého se pak předměty na snímku lokalizují. Světlost pixelu jde nastavit v rozmezí hodnot 0 – 255. Lokalizovat lze předměty světlejší než nastavený práh intenzity, nebo objekty tmavší. Funkce najde střed hledaných objektů a ohraničí celé objekty.

V mém případě jsem nechal lokalizovat tmavší objekty („Dark objects“) a intenzitu pixelu jsem nastavil na střední hodnotu, to je 128. Protože podklad kamenů není stejnorodý a má různá tmavá a světlá místa, bylo potřeba nastavit minimální velikost hledaných objektů. Výstupem funkce je hodnota, která udává počet nalezených prvků splňujících zadané hodnoty [C].



obr. 5.6 – měření počtu objektů

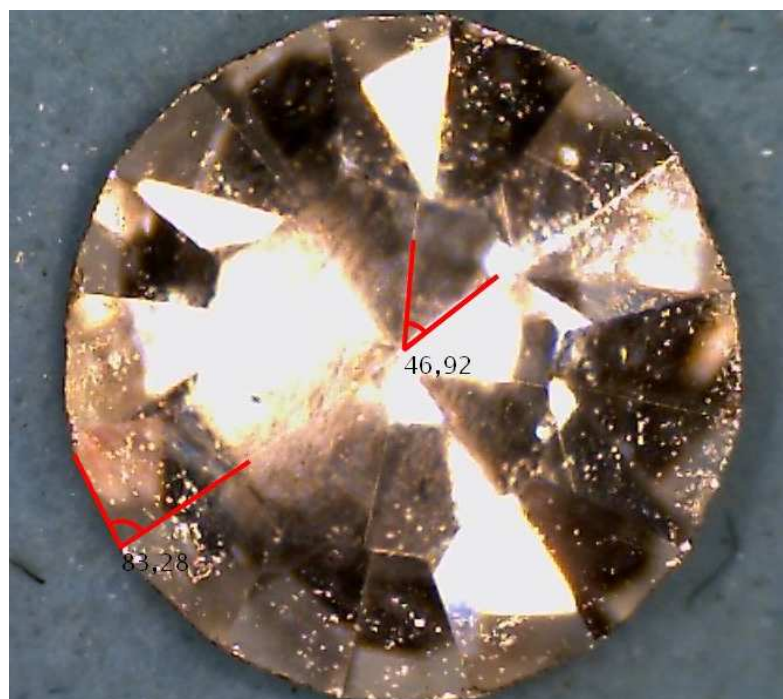
6 Měření kamenů v MicroCapture 2.0

Micro Capture 2.0 obsahuje program umožňující základní druhy měření objektů. Zpracovávat se mohou obrázky přímo vyfocené v tomto programu. Program neumožňuje nahrát vlastní obrázek.

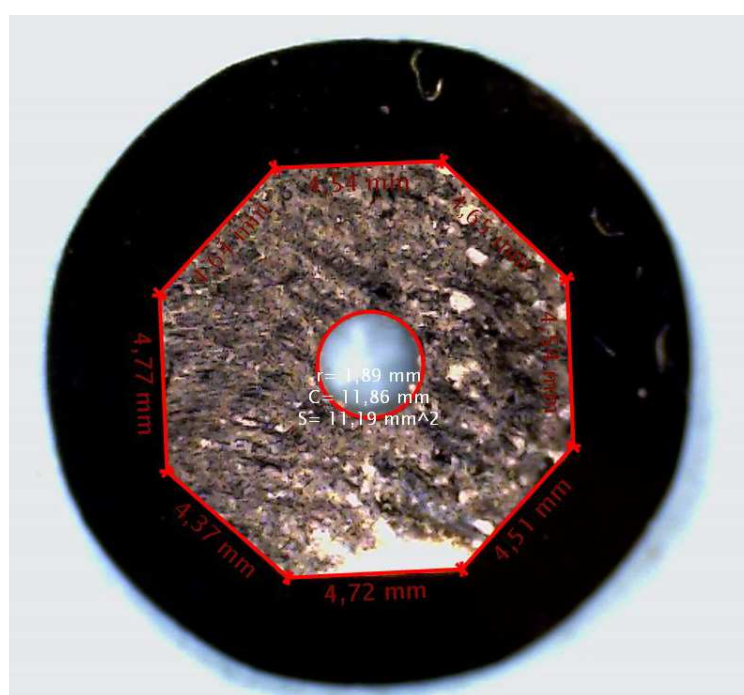
Samotné měření se provádí manuálně pomocí myši. Program umí měřit úhly, délky hran a poloměry kružnic. Při měření velikosti úhlů se prvním klikem myši definuje vrchol úhlu a dalšími dvěma kliky ramena úhlu. Program napíše velikost úhlu ve stupních (obr. 6.1). Měřit poloměry kružnic lze dvojím způsobem. Buď se prvním klikem zvolí střed kružnice a druhým se definuje poloměr nebo definujeme průměr kružnice poklepáním na dva krajní body kružnice. Poslední možností programu je měření délky hran. Hrany definujeme klikem na začátku a na konci hrany. Program vypíše délky hran i velikost poloměrů zadaných kružnic.

Výpis v změřených hodnot může být různý. Měřit lze v metrických jednotkách, palcích nebo pixelech. Program ale nepočítá s aktuálním zvětšením mikroskopu při snímání obrázku. Metrické hodnoty se tak mohou zásadně lišit od originálu a je lepší nechat hodnoty zapisovat v pixelech.

Měření v MicroCapture 2.0 je velice jednoduché. Nevýhodou oproti LabVIEW je, že všechny měřené prvky musíme detekovat manuálně. Mohou tak vznikat menší nebo větší chyby v měření. Další nevýhodou je také poněkud delší doba měření. V LabVIEW se všechny prvky detekují automaticky a program okamžitě po načtení obrázku vyhodnotí a vypíše výsledky měření. Takových snímků se může udělat i několik za vteřinu, což v MicroCapture nelze



obr. 6.1 – měření úhlů



obr. 6.2 – měření hran objektu

7 LabVIEW 2009

7.1 Novinky

Společnost National Instruments vydala v roce 2009 novou verzi LabVIEW 2009. Tato nová verze je nástupcem LabVIEW 8.6, ve které byla dělána tato bakalářská práce. LabVIEW 2009 přináší mnoho nových vylepšení a změn oproti staré verzi. Této práce se nejvíce týká změna v rozpoznávání kamer připojených přes USB.

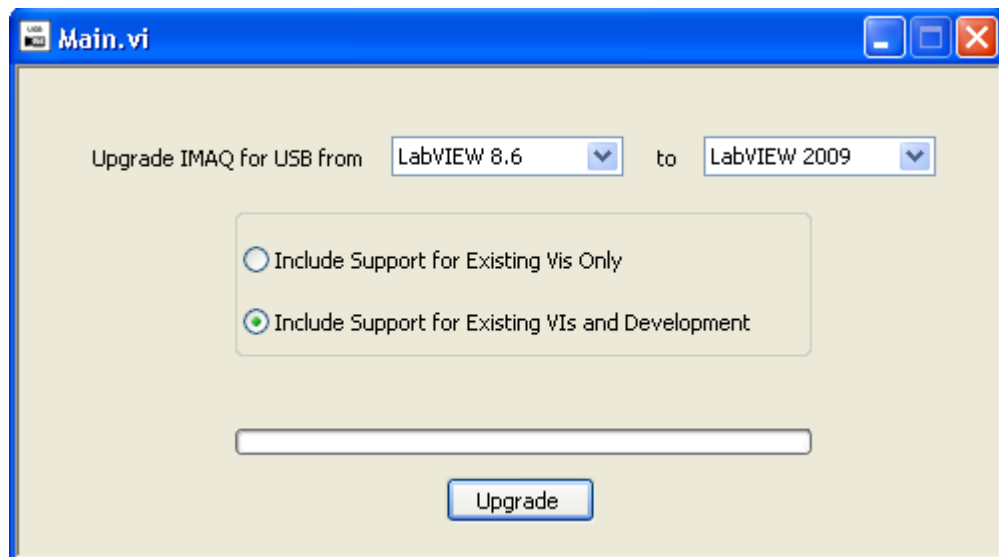
Od verze LabVIEW 2009 skončil vývoj knihoven NI-IMAQ for USB Cameras, díky kterým bylo možné komunikovat v LabVIEW s kamerami připojenými přes USB. Nyní se s USB kamerami komunikuje jako s kamerami připojenými přes standard IEEE 1394⁵. To umožňuje knihovna NI-IMAQdx, která je součástí NI Vision Acquisition Software. Není tak potřeba instalovat žádné další knihovny.

Nevýhodou tohoto řešení je zpětná nekompatibilita mezi programy vytvořenými ve starších verzích LabVIEW. LabVIEW 2009 nezná funkce NI-IMAQ for USB Cameras. Při přechodu na verzi LabVIEW 2009 tak nelze spustit program vytvořený ve starších verzích LabVIEW.

7.2 Program Upgrade IMAQ for USB to LabVIEW 2009

Tento problém řeší v LabVIEW program pro převod programů ze starších verzí LabVIEW do verze LabVIEW 2009. Program převádí programy už od verze LabVIEW 8.2. Program funguje tak, že přesouvá všechny důležité soubory do adresáře s LabVIEW 2009 a umožňuje tím funkčnost knihoven IMAQ for USB ze starších verzí LabVIEW. Tento program není vytvořen přímou společností NI, ale byl naprogramován jedním z uživatelů LabVIEW. Na obr. 7.1 je znázorněna obrazovka programu pro převod do verze LabVIEW 2009.

⁵ IEEE 1394 je sériové rozhraní pro vysokorychlostní komunikace a isochronní přenos dat. Používá se pro digitální audio a video aplikace.



obr.: 7.1 – program Upgrade IMAQ for USB to LabVIEW 2009

Závěr

Téma práce vzniklo ve spolupráci s firmou Preciosa, a.s., na základě její dlouhodobé spolupráce s Fakultou mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Firma tak dává možnost studentům získat nové znalosti a praktické zkušenosti z odvětví, kterému se firma věnuje.

Jedním z hlavních úkolů práce bylo získání základních znalostí o programovacím prostředí LabVIEW a pokusit se přes LabVIEW komunikovat s digitálním mikroskopem připojeným přes USB. Mikroskop bylo potřeba nejprve pořádně vyzkoušet. Zjistit jeho vlastnosti, způsob ovládání a nastavení k zachycení kvalitního snímku. Mikroskop mohl být v případě dobrých optických vlastností zařazen do provozu.

Dalším úkolem bylo vytvoření praktické úlohy v LabVIEW pro měření bizuterních kamenů za použití digitálního mikroskopu. Vznikly tak programy pro detekci hrany kamene, měření rozměrů kamene a pro detekci počtu objektů na snímku.

Mikroskop bohužel nesplnil očekávání do něho vložené. Ať už díky jednoduché optice nebo přednímu světlu se nepodařilo udělat snímky v požadované kvalitě. Za přispění bočního světla se podařilo zachytit tvar a rozměry měřených kamenů nebo také rozpoznání objektů na snímku.

Tento levný mikroskop tak nemůže ani zdaleka nahradit nebo se vyrovnat několikanásobně dražším kamerovým systémům, které firma Preciosa, a.s. používá. Možná při použití zadního světla by se dalo tento mikroskop v praxi využívat pro jednodušší aplikace.

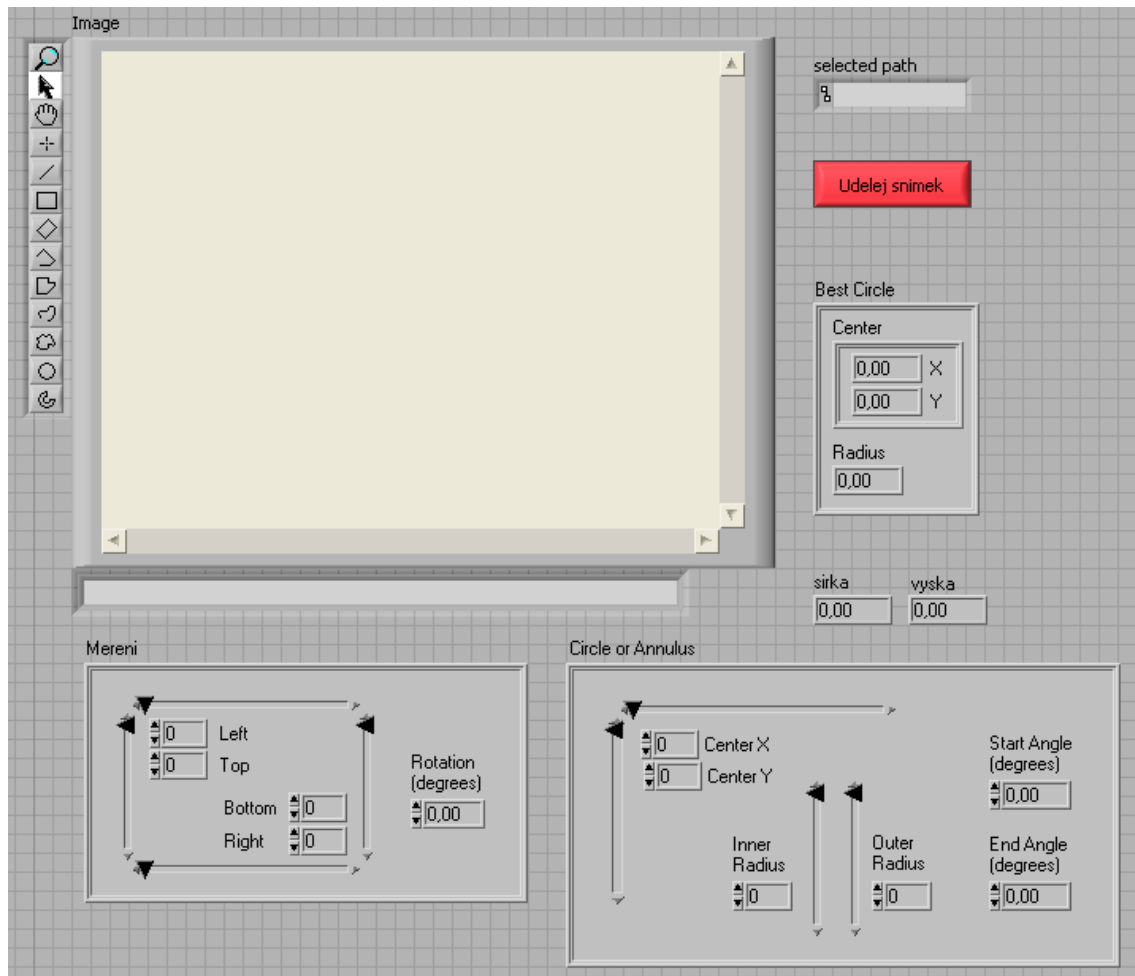
Jako námět pro další výzkum by mohlo být zachycení rozměrů kamene v reálných jednotkách. K tomu je potřeba udělat kalibraci mikroskopu. Další možností by bylo vyhodnocování ostroty obrazu před zachycením snímku. Při manuálním ostření se lehce může stát, že obraz nebude úplně ostrý. Toto lze eliminovat při hodnocení přechodu jasu pomocí gradientu. Tyto náměty už jsou bohužel nad rámec

této bakalářské práce. Mohou posloužit jako námět pro další práce, nejlépe s použitím lepšího mikroskopu.

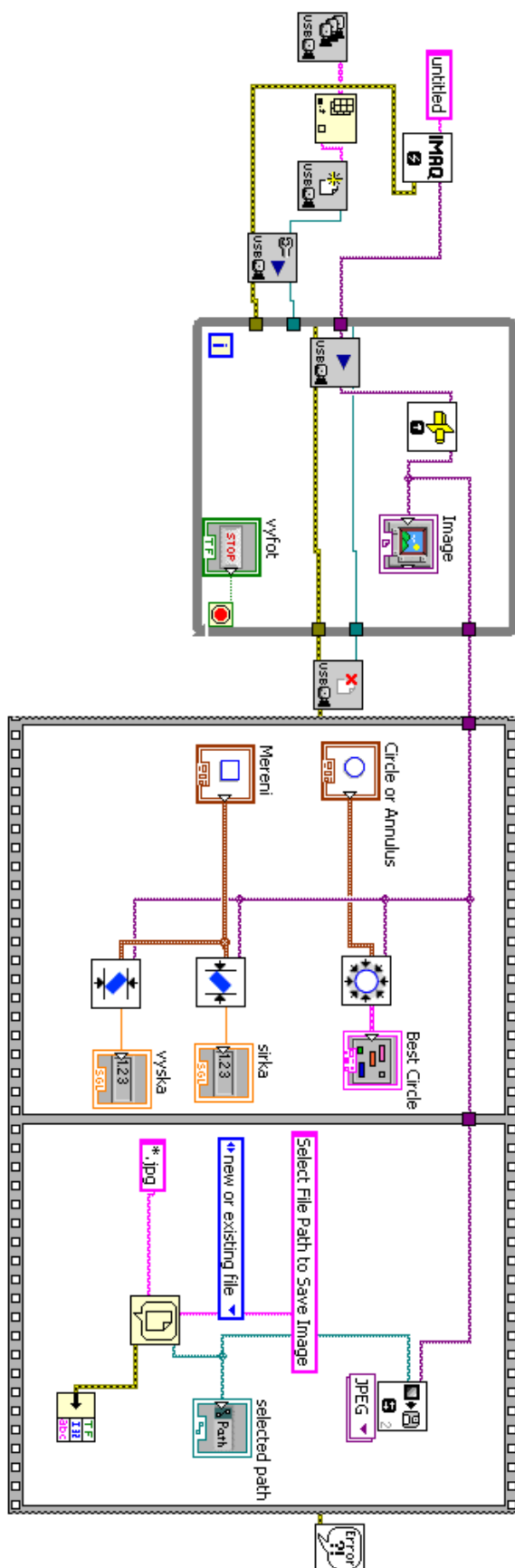
Seznam použité literatury

- [1] Způsob měření tvaru transparentních objektů, zejména broušených kamenů a zařízení k jeho provádění, Věstník Úřadu průmyslového vlastnictví, č. 10, odkaz: www.upv.cz.
- [2] Sonka M., Hlavac V., Boyle R.: Image Processing, Analysis, and Machine Vision, Thomson Learning, Toronto, 2008.
- [3] Vlach J., Havlíček J., Vlach M.: Začínáme s LabVIEW, BEN Praha 2008.
- [4] Vlach J.: Základy zpracování obrazu v prostředí LabVIEW, Automatizace, 51, č. 1, s. 40 – 41.
- [5] National Instruments [online]. Dostupný z WWW: www.ni.com
- [6] Koucký, J.: Kameny, perle, ověsy, text pro zbožíznalecký kurs, PRECIOSA 2001
- [7] Wikipedia: otevřená encyklopedie [online]. Dostupný z WWW: cs.wikipedia.org
- [8] Votrubec R.: LabVIEW for Windows. 2000. 47s. Dostupný z WWW: <http://autnt.fme.vutbr.cz>
- [9] DNT [online]. Dostupný z WWW: <http://www.dnt.de/>

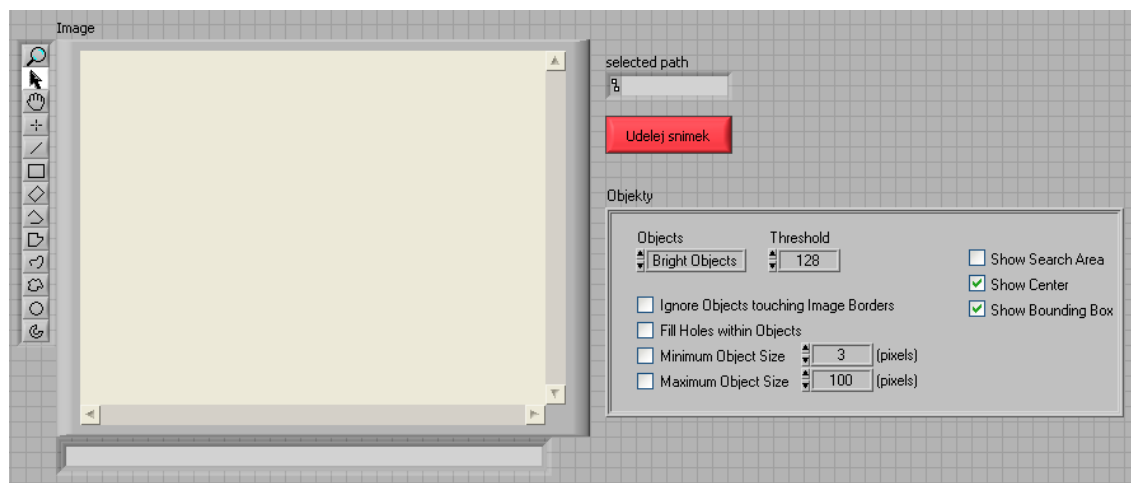
Příloha A – Front panel aplikace mereni_objektu



Příloha B – Blokový diagram aplikace mereni_objektu



Příloha C – Front panel aplikace hledani_objektu



Příloha D – Blokový diagram aplikace hledani_objektu

